

---

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Second Semester Examination  
2012/2013 Academic Session

June 2013

**EEK 260 – ELECTRIC MACHINE**  
***[MESIN ELEKTRIK]***

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please check that this examination paper consists of **FIFTEEN (15)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA BELAS (15)** mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions:** This question paper consists **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

**Arahan:** Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]*

...2/-

1. (a) Jelaskan tork pada sesuatu objek

*Define the torque on an object.*

(20 markah/marks)

- (b) Medan magnet adalah mekanisma asas di mana tenaga diubah daripada satu bentuk ke bentuk yang lain di dalam motor, penjana dan pengubah. Senaraikan empat prinsip asas menjelaskan bagaimana medan magnet digunakan di dalam mesin-mesin tersebut.

*A magnetic field is the fundamental mechanism by which energy is converted from one form to another in motors, generators and transformers. List down four basic principles which describe how magnetic fields are used in these machines*

(10 markah/marks)

- (c) Sebuah teras feromagnetik ditunjukkan dalam Rajah 1. Tebal teras tersebut ialah 5 cm. Ukuran lain bagi teras tersebut ditunjukkan di dalam rajah. Kebolehtelapan nisbi  $\mu_r$  ialah 800.

*A ferromagnetic core is shown in Figure 1. The depth of the core is 5 cm. The other dimensions of the core are as shown in the figure. The relative permeability of the core is 800.*

- (i) Lukis litar magnet setara bagi teras feromagnetik yang ditunjukkan oleh Rajah 1.

...3/-

*Draw the equivalent magnetic circuit of the ferromagnetic core shown in Figure 1.*

(10 markah/marks)

- (ii) Kira arus yang akan menghasilkan fluk 0.005 Wb.

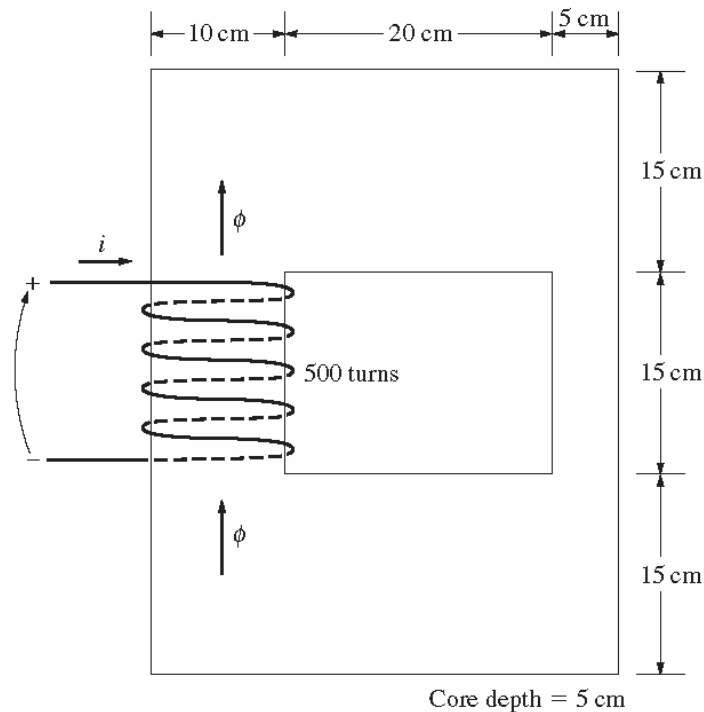
*Calculate the current that will produce a flux of 0.005 Wb*

(40 markah/marks)

- (iii) Tentukan ketumpatan fluk yang terhasil pada bahagian atas dan kanan teras bagi arus yang diperolehi pada (ii)

*Determine the flux density at the top and the right side of the core with the current obtained in (ii)*

(20 markah/marks)



Rajah 1: Teras feromagnetik

Figure 1: Ferromagnetic core

2. Sebuah pengubah tiga fasa 300kVA, 14,400/480 V, disambung secara Y- $\Delta$  dibekalkan dengan kuasa terus daripada bus bervoltan tinggi tetap. Dalam ujian litar pintas, nilai-nilai yang dicatatkan pada bahagian voltan tinggi bagi salah satu pengubah (satu fasa) adalah

*A 300kVA, 14,400/480-V three-phase Y- $\Delta$  connected transformer bank is supplied with power directly from a large constant-voltage bus. In the short-circuit test, the recorded values on the high-voltage side for one of these transformers (per-phase) are*

...5/-

$$V_{SC} = 510 \text{ V} \quad I_{SC} = 12.6 \text{ A} \quad P_{SC} = 3000 \text{ W}$$

- (a) Jika pengubah membekalkan kepada beban terkadar faktor kuasa menyusul 0.8 dan voltan terkadar, tentukan voltan talian ke talian bagi pengubah merujuk pada voltan tinggi.

*If this bank delivers a rated load at 0.8 PF lagging and rated voltage, determine the line-to-line voltage on the high voltage side of the transformer bank?*

(40 markah/marks)

- (b) Lukis gambarajah pemfasa bagi pengubah pada beban terkadar yang dinyatakan dalam (a) dan kira peraturan voltan dalam keadaan ini

*Draw the phasor diagram of the transformer at a rated load stated in (a) and calculate the voltage regulation under this condition.*

(30 markah/marks)

- (c) Lukiskan litar setara per-unit bagi pengubah ini. Sebagai catatan nilai kehilangan histeresis dan teras adalah 20pu dan 110pu masing-masing.

*Draw the per-unit equivalent circuit of this transformer. Note that the hysteresis losses and core losses are 20pu and 110pu, respectively.*

(30 markah/marks)

...6/-

3. Lengkung pemagnetan bagi penjana ujaan terpisah dc ditunjukkan dalam Rajah 2. Penjana ini mempunyai keadaan 6 kW, 120 V, 50 A dan 1800r/min. Litar medan terkadar adalah 5 A. Data-data berkaitan mesin ini diberi seperti berikut.

*The magnetization curve for a separately excited dc generator is shown in Figure 2. The generator rated at 6 kW, 120 V, 50 A and 1800 r/min. Its field circuit is rated at 5 A. The following data are known about the machine.*

$$R_A = 0.18 \, \Omega \qquad V_F = 120 \, \text{V}$$

$$R_{adj} = 0 \text{ to } 40 \, \Omega \qquad R_F = 20 \, \Omega$$

$$N_F = 1000 \text{ turns per pole}$$

- (a) Lukis litar setara bagi penjana ujaan terpisah  
Draw the equivalent circuit of separately excited generator  
(20 markah/marks)
- (b) Jika  $R_{adj}$  diubah dari 0 hingga 30  $\Omega$  dan kelajuan penjana berubah dari 1500 hingga 2000 r/min, apakah nilai voltan tanpa beban bagi penjana ini?

*If the  $R_{adj}$  is allowed to vary from 0 to 30  $\Omega$  and the generator's speed is allowed to vary from 1500 to 2000 r/min, what are the maximum and minimum no-load voltages in the generator?*

(20 markah/marks)

- (c) Jika arus angker bagi penjana ini ialah 50 A pada kelajuan 1700 r/min dan mempunyai voltan pangkalannya ialah 106 V, berapakah arus medan yang perlu dialirkan dalam penjana ini?

*If the armature current of the generator is 50A, the speed of the generator is 1700 r/min, and the terminal voltage is 106V, how much field current must be flowing in the generator*

*(20 markah/marks)*

- (d) Andaikan penjana tersebut mempunyai tindak balas angker pada beban penuh bersamaan dengan daya gerak magnet sebanyak 400 pusingan, apakah nilai voltan pangkalan bagi penjana ini apabila  $I_F=5$  A,  $n_m=1700$  r/min dan  $I_A=50$  A?

*Assuming that the generator has an armature reaction at full load equivalent to 400 A.turns of magnetomotive force, what will the terminal voltage of the generator be when  $I_F=5$  A,  $n_m=1700$  r/min and  $I_A=50$  A?*

*(20 markah/marks)*

- (e) (i) Jelaskan bagaimana tindak balas angker mempengaruhi hasil voltan keluaran dalam penjana ujaan terpisah dc? Dan bagaimana ia boleh diatasi?

*Explain how does armature reaction affect the voltage output in a separately excited dc generator? And how can it be solved?*

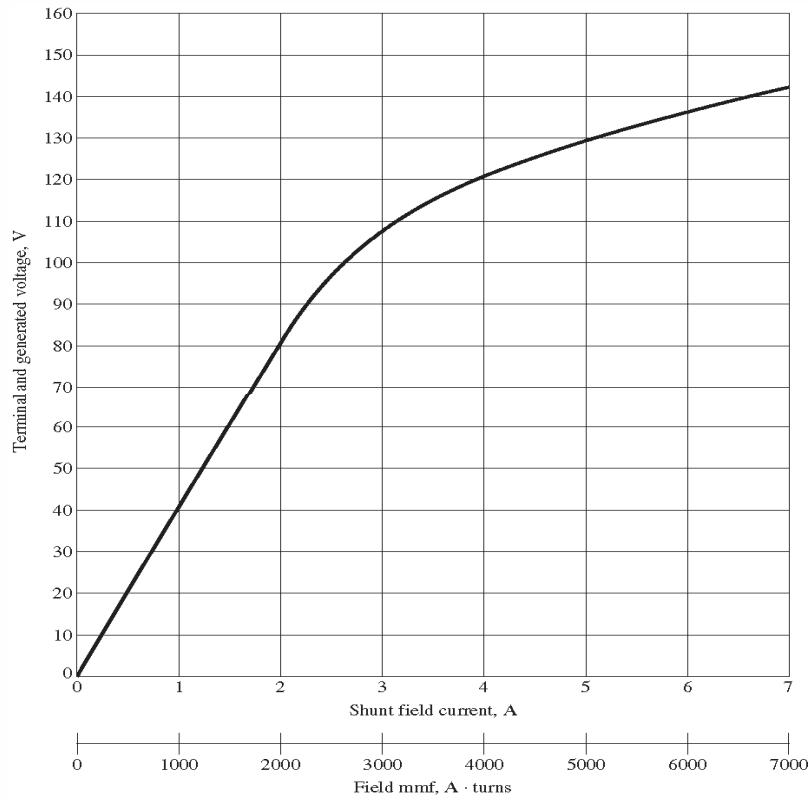
*(10 markah/marks)*

- (ii) Selain daripada penjana gujaan terpisah dc, senaraikan 4 jenis penjana dc yang utama dengan penjelasan ringkas berkenaan penghasilan medan fluks.

*Beside the separately excited generator, list another 4 types of dc generators with brief explanation according to the manner in which their field flux is produced.*

*(10 markah/marks)*

...8/-



Rajah 3: Lengkungan pemagnetan bagi penjana ujaan terpisah

Figure 3: The magnetization curve of the separately excited dc generator



4. (a) Sebuah motor AT pirau 200 V mempunyai rintangan  $R_a = 0.1\Omega$ ,  $R_f = 240\Omega$  dan kehilangan putaran 236 W. Dalam keadaan beban penuh, arus talian ialah 9.8 A apabila motor beroperasi pada kelajuan 1450 ppm. Tentukan

*A 200 V shunt DC motor has resistance  $R_a = 0.1\Omega$ ,  $R_f = 240\Omega$  and rotational loss of 236 W. On full-load, the line current is 9.8 A with the motor running at 1450 rpm. Determine*

- (i) Kuasa mekanikal yang terbina  
*The mechanical power developed*
- (ii) Kuasa keluaran  
*The output power*
- (iii) Kilas beban  
*The load torque*
- (iv) Kecekapan pada beban penuh  
*The full-load efficiency*

(40 markah/marks)

- (b) Sebuah motor AT bersiri 20 kuasa-kuda, 240 V, 76 A, 900 ppm mempunyai belitan medan 33 lilitan per kutub. Rintangan angker ialah  $0.09 \Omega$  dan rintangan medan ialah  $0.06 \Omega$ . Lengkung pemagnetan dinyatakan dalam bentuk daya magnetomotif melawan  $E_A$  pada 900 ppm dan diberikan dalam Jadual 4(b). Tindakan angker diabaikan dalam mesin ini.

*A 20 hp, 240 V, 76 A, 900 rpm series DC motor has a field winding of 33 turns per pole. Its armature resistance is  $0.09 \Omega$  and its field resistance is  $0.06 \Omega$ . The magnetization curve expressed in terms of magnetomotive force versus  $E_A$  at 900 rpm is given in Table 4(b). Armature reaction is negligible in this machine.*

- (i) Hitung kilas, laju dan kuasa keluaran motor pada 33, 67, 100 dan 133 peratus daripada arus angker beban penuh. (Abaikan kehilangan putaran)

*Compute the motor's torque, speed and output power at 33, 67, 100 and 133 percent of the full-load armature current. (Neglect rotational losses)*

- (ii) Plot ciri kilas-laju bagi mesin ini.  
*Plot the torque-speed characteristics of this machine.*

Jadual 4(b)

Table 4(b)

$E_A, V$	95	150	188	212	229	243
$F, A \cdot \text{turns}$	500	1000	1500	2000	2500	3000

(60 markah/marks)

5. Suatu motor aruhan empat-kutub, 3-fasa, 220 V, 60 Hz, 10 kuasa kuda mempunyai model galangan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Kelesapan putaran ialah 350 W. Sekiranya motor beroperasi pada kelajuan 1746 ppm, kira

*A four-pole, 3-phase, 220 V, 60 Hz, 10 hp induction motor has the model impedances shown in Figure 5. Rotational losses are 350 W. If the motor is running at the speed of 1746 rpm, calculate*

- (i) Galangan masukan,  $Z_{in}$

*The input impedance,  $Z_{in}$*

- (ii) Faktor kuasa

*The power factor*

- (iii) Kuasa keluaran

*The output power*

- (iv) Kilas terbina

*The developed torque*

- (v) Kilas keluaran

*The output torque*

(vi) Kecekapan

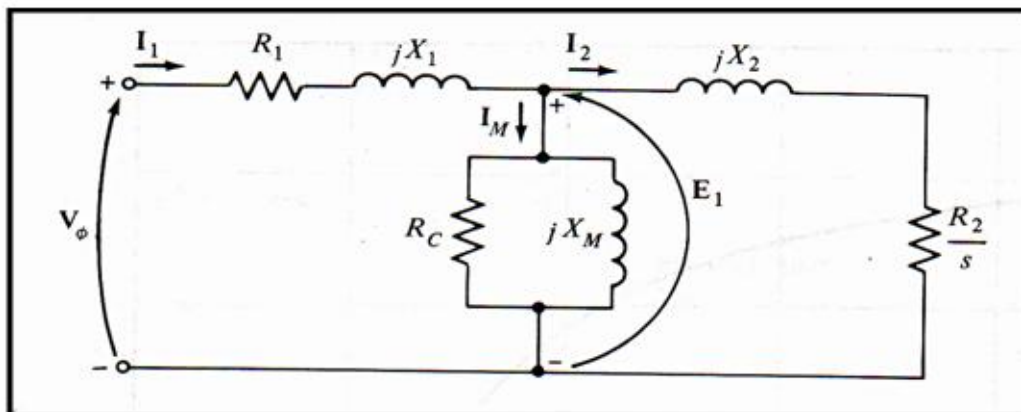
*The efficiency*

(vii) Arus mula, dan

*The starting current, and*

(viii) Kilas mula

*The starting torque*



$$R_1 = 0.39 \, \Omega$$

$$X_1 = 0.35 \, \Omega$$

$$X_m = 16.0 \, \Omega$$

$$R_2 = 0.14 \, \Omega$$

$$X_2 = 0.35 \, \Omega$$

Rajah 5

Figure 5

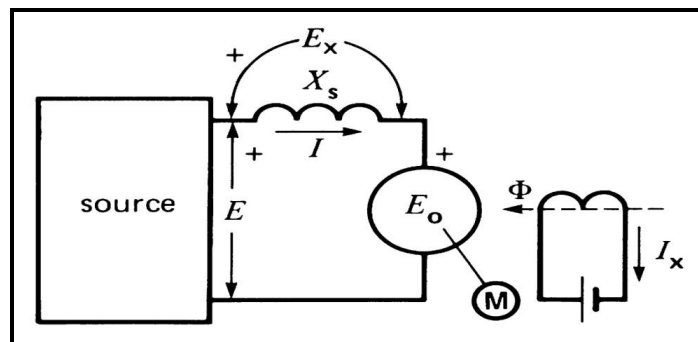
(100 markah/marks)

6. (a) Satu motor segerak seperti dalam Rajah 6(a) mempunyai parameter-parameter berikut per fasa. Lukis gambarajah pemfasa dan tentukan

*A synchronous motor as shown in Figure 6(a) has the following parameters, per phase. Draw the phasor diagram and determine*

$$E = 2.4 \text{ kV}; \quad E_0 = 3 \text{ kV}; \quad X_s = 2 \Omega; \quad I = 900 \text{ A}$$

- (i) Sudut kilas,  $\delta$   
*The torque angle,  $\delta$*
- (ii) Kuasa aktif, per fasa  
*The active power, per phase*
- (iii) Faktor kuasa motor tersebut  
*The power factor of the motor*
- (iv) Kuasa reaktif yang diserap (atau dihantar) per fasa  
*The reactive power absorbed (or delivered) per phase*



Rajah 6(a)

Figure 6(a)

(40 markah/marks)

...14/-

- (b) Sebuah penjana segerak 2300 V, 1000 kVA, PF = 0.8 mengekor, 60 Hz, dua-kutub, sambungan-Y mempunyai reaktans segerak  $1.1 \Omega$  dan rintangan angker  $0.15 \Omega$ . Pada 60 Hz, kelesapan geseran dan belitan ialah 24 kW dan kelesapan teras ialah 18 kW. Rintangan OCC bagi penjana ditunjukkan dalam Rajah 6(b).

*A 2300 V, 1000 kVA, 0.8 PF lagging, 60 Hz, two-pole, Y-connected synchronous generator has a synchronous reactance of  $1.1 \Omega$  and an armature resistance of  $0.15 \Omega$ . At 60 Hz, its friction and windage losses are 24 kW and its core losses are 18 kW. The OCC of the generator is shown in Figure 6(b).*

- (i) Berapakah jumlah arus medan yang diperlukan bagi menjadikan  $V_T$  bersamaan dengan 2300 V pada ketika penjana beroperasi tanpa beban?

*How much field current is required to make  $V_T$  equal to 2300 V when the generator is running at no load?*

- (ii) Pada keadaan terkadar, apakah voltan dalaman terjana,  $E_A$  bagi mesin ini?

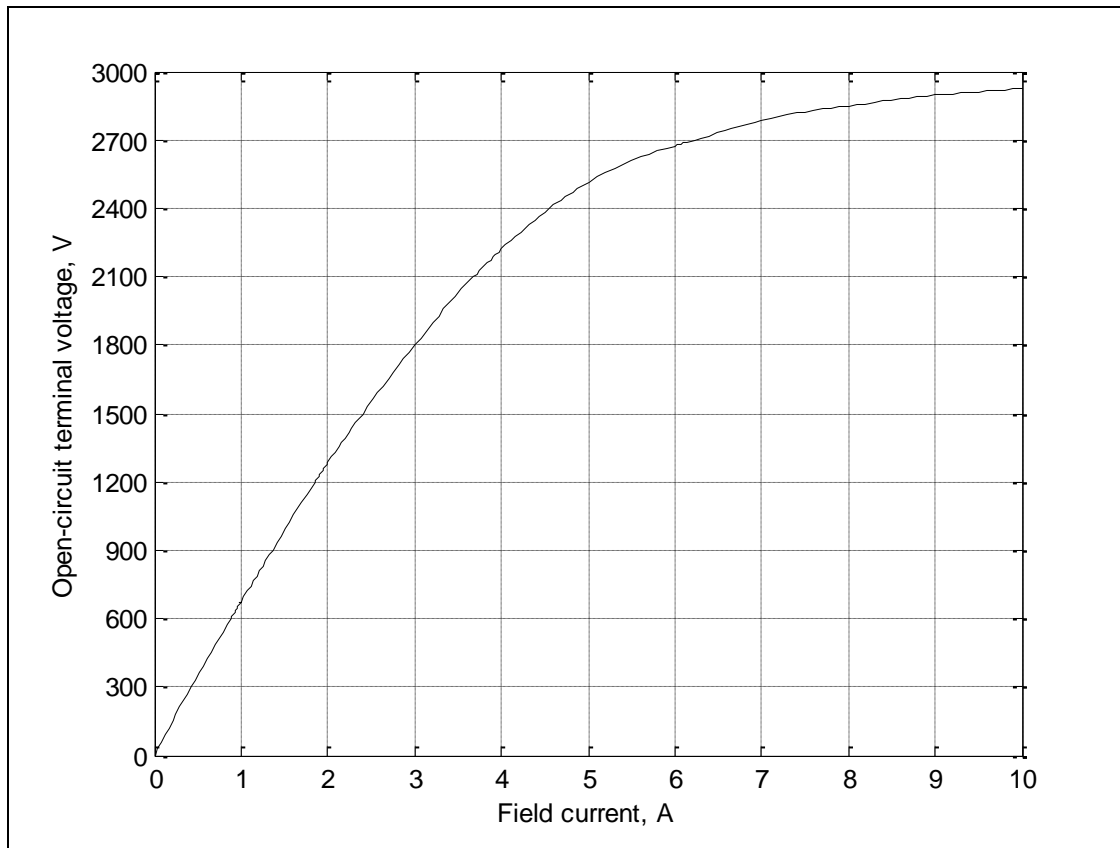
*What is the internal generated voltage,  $E_A$  of this machine at rated conditions?*

- (iii) Berapakah jumlah arus medan yang diperlukan bagi menjadikan  $V_T$  bersamaan dengan 2300 V pada keadaan terkadar?

*How much field current is required to make  $V_T$  equal to 2300 V when the generator is running at rated conditions?*

- (iv) Berapakah jumlah kuasa dan kilas yang perlu dibekalkan oleh penggerak utama penjana ini?

*How much power and torque must be supplied by the generator's prime mover?*



Rajah 6(b)

Figure 6(b)

(60 markah/marks)

oooOooo